

Efektywny system ciepłowniczy oczyszczalni Płaszów w Krakowie



tekst: **ANNA BIEDRZYCKA**, Nowoczesne Budownictwo Inżynieryjne
zdjęcia: **WODOCIĄGI MIASTA KRAKOWA SA**

Wodociągi Miasta Krakowa SA od lat w swoich działaniach kierują się potrzebą ochrony środowiska. Wiele przedsięwzięć, unowocześnień i modernizacji prowadzonych jest dla sprostania rosnącym wymaganiom ekologicznym i przeciwdziałaniu zmianom klimatu. Również o obecnie realizowanym dużym projekcie inwestycyjnym *Modernizacja gospodarki elektroenergetycznej, ciepłej i biogazowej na terenie Oczyszczalni Ścieków Płaszów w Krakowie przy ul. Kosiarzy 3* należy mówić w kontekście zmian klimatycznych, efektywności energetycznej i zrównoważonego rozwoju.



Nowe zbiorniki sferyczne o łącznej objętości ok. 6000 m³ biogazu

Projekt zakłada dużo szersze niż dotąd wykorzystanie biogazu uzyskiwanego w procesie fermentacji beztlenowej osadów ściekowych powstających w procesie oczyszczania ścieków. Do chwili obecnej możliwości wykorzystania biogazu były ograniczone, głównie przez pojemność zbiorników biogazu, których kubatura co prawda wynosiła 2000 m³, ale z uwagi na ograniczenia konstrukcyjne mogły one pracować tylko w zakresie od 100% napełnienia do ok. 70%, co bardzo ograniczało możliwości wykorzystania produkowanego biogazu, gdyż do dyspozycji pozostawało tylko ok. 30% ich całkowitej pojemności. Zbiorniki budowane w ramach projektu posiadają pojemność ok. 3000 m³ i mogą pracować w zakresie od 100% do 20% napełnienia, więc do dyspozycji będzie 80% pojemności. Projekt przewiduje również wykorzystanie ciepła odpadowego pochodzącego z procesu spalania osadów w stacji termicznej utylizacji odpadów (STUO). Po zakończeniu inwestycji system ciepłowniczy oczyszczalni stanie się efektywny w myśl zapisów dyrektywy 2012/27/UE, czyli będzie wykorzystywał do produkcji ciepła co najmniej 50% energii ze źródeł odnawialnych oraz ciepło odpadowe.

Prace rozpoczęto w lipcu 2022 r., a ich finał nastąpi w styczniu 2024 r. Wykonawcą wyłonionym w drodze przetargu jest firma Instal Kraków SA, która w 2021 r. zrealizowała podobny kontrakt w nowohuckiej oczyszczalni Kujawy, gdzie zmodernizowano obiekty oraz elementy sieci osadowej i biogazowej pod kątem maksymalnego wykorzystania biogazu wytwarzanego w procesie oczyszczania ścieków. Projekt modernizacji wykonało Biuro Projektów Gospodarki Wodnej i Ściekowej BIPROWOD-Warszawa Sp. z o.o.

Przedsięwzięcie jest współfinansowane z funduszy norweskich 2014–2021 (państwami darczyńcami są Norwegia, Islandia i Liechtenstein) – w sektorze środowisko realizowanych przez program Środowisko, Energia i Zmiany Klimatu – w obszarze programowym energia odnawialna, efektywność energetyczna, bezpieczeństwo energetyczne. Umowę z Narodowym Funduszem Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej w Warszawie Wodociągi Miasta Krakowa zawarły 29 listopada 2021 r. Początkowo całkowity koszt projektu miał wynieść 12 144 156,54 zł, z czego kwota uzyskanego dofinansowania to 4 442 984,10 zł. Ostatecznie 31 stycznia 2023 r. podpisano aneks do umowy o zwiększenie dofinansowania do kwoty 17 935 245,00 zł, z czego dofinansowanie w wysokości 45% wzrosło do 6 561 675,00 zł.

Główna oczyszczalnia Krakowa

Każdego dnia krakowianie wytwarzają ok. 220 tys. m³ ścieków. Trafiają one do dwóch centralnych oczyszczalni ścieków: Płaszów i Kujawy, oraz pięciu lokalnych. Największa oczyszczalnia ścieków w Krakowie – Płaszów – przyjmuje ścieki dopływające kanalizacją ogólnospławną z trzech dzielnic Krakowa (Śródmieście, Krowodrzy i Podgórze), a także gminy Wieliczka. Ścieki doprowadzają kolektory płaszowski i biechanowski oraz rurociągi tłoczne z pompowni Rybitwy.

Oczyszczalnia Płaszów została rozbudowana i zmodernizowana w 2010 r. w ramach ówczesnie największego pod względem skali zadań i kosztów programu inwestycyjnego z zakresu gospodarki wod.-kan. w Polsce, w większości sfinansowanego ze środków unijnych. Osiągnięty efekt ekologiczny był imponujący, poza obniżeniem stężenia zanieczyszczeń w ściekach oczyszczonych do poziomu zgodnego z prawem polskim i UE przez zwiększenie



Wydzielone komory fermentacyjne

przepustowości istniejącej części mechanicznej oczyszczalni ze 132 tys. m³/d do 657 tys. m³/d (w okresie deszczu) i budowie całkiem nowej części biologicznej o przepustowości 328 tys. m³/d przywrócono również wartość użytkową zdewastowanym gruntom (18,51 ha), na których w latach 1975–2001 deponowano osady ściekowe (ok. 300 tys. m³) pochodzące z oczyszczalni w Płaszowie, a od 1999 r. również z oczyszczalni Kujawy, zapewniono optymalizację pracy obu oczyszczalni przez możliwość przerzutu ścieków ze zlewni oczyszczalni Płaszów do oczyszczalni Kujawy i skanalizowano osiedla wzdłuż trasy kolektora dolnej terasy Wisły.

Wtedy też zapoczątkowano zmiany w gospodarce energetycznej zakładu. Zaczęto wykorzystywać powstający w procesie oczyszczania ścieków biogaz, który jest gromadzony w zbiornikach biogazu i używany do zasilania generatorów pracujących w układzie kogeneracji, turbin biogazowych i kotłowni. Z 1 m³ biogazu można otrzymać ok. 4 kW energii elektrycznej lub ciepłej.

Odtąd kolejne modernizacje skupiają się na stałej poprawie efektywności energetycznej oczyszczalni.

Produkcja energii elektrycznej i ciepła

Już dziś obie krakowskie centralne oczyszczalnie ścieków produkują ciepło i prąd. W znajdującym się na terenie oczyszczalni Płaszów budynku energetycznym umieszczono dwie jednostki kogeneracyjne. Każda z nich jest wyposażona w 16-cylindrowy silnik gazowy z turbodoładowaniem, który zużywa 290 m³/h biogazu przy pełnym obciążeniu. Znamionowa moc elektryczna jednostki wynosi 800 kWe, a moc cieplna 810 kWh. Waga jednej kompletnej jednostki to 12,5 t. W budynku znajdują się również rozdzielnice energetyczne służące do wyprowadzenia energii elektrycznej produkowanej przez zespół prądotwórczy. Nadrzędnym celem pracy jednostki kogeneracyjnej jest produkcja energii elektrycznej. Przy jej wytwarzaniu z układu silnika odzyskiwane jest ciepło, które jest zużywane na potrzeby własne oczyszczalni. W razie wystąpienia nadmiaru biogazu uruchamiane są turbiny biogazowe, które również wytwarzają energię elektryczną i ciepło. Wyprodukowana energia elektryczna w całości zużywana jest na potrzeby własne oczyszczalni. Zainstalowane jednostki kogeneracyjne pokrywają ok. 47% zapotrzebowania oczyszczalni na energię elektryczną i w 100% zapotrzebowanie na ciepło. Miesięczna produkcja energii elektrycznej z kogeneracji wynosi ok. 1000 MWh



Stacja termicznej utylizacji osadów



i 2200 GJ energii cieplnej, co umożliwi zmniejszenie zakupu energii elektrycznej u dostawcy.

Efektywność cieplownicza

By w pełni sprostać wymogom dyrektywy 2012/27/UE, muszą zostać przeprowadzone odpowiednie działania modernizacyjne. Głównym zadaniem inwestycyjnym jest budowa nowego obiektu wyposażonego w nowe moduły kogeneracyjne, z niskoemisyjnymi silnikami spalającymi biogaz o mocy 800 kW każdy. Zasilanie jednostek kogeneracyjnych będzie się odbywać poprzez nową ścieżkę biogazu, składającą się ze zbiorników biogazu, stacji dmuchaw, stacji uzdatniania biogazu oraz sieci biogazowej. Silniki nowych modułów kogeneracyjnych są przystosowane również do spalania gazu ziemnego, w tym celu istniejąca infrastruktura obiektowa została rozbudowana o stację redukcyjną gazu ziemnego, co zapewni właściwe ciśnienie gazu dla jednostek kogeneracyjnych. Dla zagwarantowania ciągłości spalania biogazu i przekształcania go w energię cieplną i elektryczną zostały wymienione istniejące zbiorniki cylindryczne na dwa nowe zbiorniki sferyczne o większej objętości, zapewniające szerszy zakres regulacji pracy.

Ponadto zaplanowano wykonanie instalacji zapewniającej centralne przygotowanie ciepłej wody użytkowej w wybranych, istniejących budynkach oczyszczalni (budynek socjalny z dyspozytornią oraz budynek warsztatów), co zmniejszy zużycie energii elektrycznej, oraz wykonanie instalacji ogrzewania w istniejącej stacji przyjęcia osadów z kanalizacji. Energia cieplna na potrzeby tego obiektu będzie pochodziła z ciepła odpadowego odbieranego ze STUO (układ podstawowy) lub z ciepła produkowanego w nowych układach kogeneracyjnych (układ rezerwowo). Modernizacji poddano układ elektroenergetyczny oczyszczalni, dzięki czemu praca wybranych urządzeń będzie możliwa bez zasilania z zewnątrz.

Przewidziano także rozbudowę międzyobjektowych sieci (instalacji) zewnętrznych na terenie oczyszczalni, niezbędnych do prawidłowego funkcjonowania nowo zbudowanych obiektów i instalacji, tj. sieci: biogazu, gazu ziemnego, ciepłowniczej, kanalizacyjnej i elektroenergetycznej. Całość robót zakończy wykonanie układu zasilania i sterowania dla nowych obiektów i instalacji oraz udostępnienie sygnałów do nadrzędnego systemu sterowania SCADA.

Moduły kogeneracyjne i nowa stacja transformatorowa

W ramach przedsięwzięcia zamontowano nowe źródło ciepła i energii elektrycznej, którym są dwa agregaty kogeneracyjne TEDOM Quanto D800 w zabudowie kontenerowej, posado-

wione na żelbetowych płytach fundamentowych, każdy o mocy elektrycznej 800 kWe i mocy cieplnej 790 kWh, z silnikami przystosowanymi do spalania biogazu oraz gazu ziemnego. Odbiór wyprodukowanej energii elektrycznej będzie odbywał się za pośrednictwem zbudowanej w tym celu nowej stacji transformatorowej, wyposażonej w transformatory 1000 kVA oraz rozdzielnicę sN i nN.

Każdy agregat jest wyposażony w turbodoładowany 16-cylindrowy silnik z dwustopniową chłodnicą pośrednią i zapłonem iskrowym. Paliwem spalonym w silniku jest mieszanka gazowo-powietrzna (mieszanka biogazu lub alternatywnie gazu ziemnego oraz powietrza). W wyniku spalania mieszanki energia paliwa zamienia się w energię mechaniczną i energię cieplną. Powstała energia mechaniczna jest przekazywana do prądnicy, natomiast energia cieplna jest odzyskiwana przez układ wymienników (spaliny – glikol i glikol – woda).

Energia elektryczna wyprodukowana w agregacie będzie wykorzystywana na własne potrzeby oczyszczalni oraz na potrzeby własnej instalacji kogeneracji. Ilość produkowanej energii jest mierzona i rejestrowana w układzie pomiarowym (licznik energii elektrycznej). Spaliny z agregatu są kierowane przez kanał spalinowy na wymiennik ciepła spaliny / woda, podgrzewając wodę grzewczą chłodzącą silnik agregatu do temperatury $T_z/T_p = 90/70$ °C. Spaliny z wymiennika ciepła spaliny / woda przez tłumik akustyczny trafiają do komina o średnicy 350 mm i wysokości ok. 8,0 m. Woda grzewcza z agregatu będzie transportowana przez nową wewnętrzną sieć ciepłowniczą oczyszczalni do istniejącego budynku energetycznego z kotłownią,



Nowe jednostki kogeneracyjne



Stacja transformatorowa

gdzie połączy się z czynnikiem grzewczym doprowadzonym z pozostałych źródeł.

Ilość energii cieplnej produkowanej w każdym agregacie jest mierzona i rejestrowana w układzie pomiarowym (liczniki ciepła). W przypadku braku odbioru ciepła wytwarzane przez agregat ciepło z chłodzenia silnika i odzysku ciepła ze spalin jest odprowadzane do otoczenia przez chłodnicę wentylatorową zlokalizowaną na dachu kontenera. Druga chłodnica powietrzna, zamontowana także na dachu kontenera, służy do stabilizacji temperatury mieszanki paliwowo-powietrznej dostarczanej do spalania w silniku agregatu. Chłodnica pracuje w sposób ciągły. Dla zapewnienia odpowiedniej wysokości ciśnienia biogazu na wejściu do ścieżek gazowych agregatów wykonano układ do podnoszenia ciśnienia gwarantujący odpowiednie parametry biogazu w instalacji (dmuchawa biogazu posadowiona na żelbetowym fundamencie).

Aktualnie wykonano już roboty konstrukcyjno-budowlane oraz roboty związane z wykonaniem zewnętrznych instalacji technologicznych, sanitarnych oraz elektroenergetycznych. Zrealizowano dostawę i montaż agregatów kogeneracyjnych (dwa komplety) wraz z pełnym wyposażeniem. Trwają prace związane z podłączeniem instalacji elektrycznych, elektroenergetycznych oraz doprowadzeniem i odprowadzeniem mediów.

Zbiorniki biogazu

W zakresie gospodarki biogazowej dokonano etapowo robót istniejących zbiorników biogazu oraz przeprowadzono montaż nowych, większych, membranowych zbiorników wraz z urządzeniami towarzyszącymi. Biogaz produkowany w komorach fermentacyjnych będzie kierowany do dwóch niskociśnieniowych zbiorników dwumembranowych, każdy o pojemności 3080 m³. System magazynowania biogazu (zbiorniki wraz z urządzeniami towarzyszącymi, jak wentylatory powietrza, bezpiecznik cieczowy, przepustnica regulacyjna) będzie spełniał dwie podstawowe funkcje: magazynowania biogazu w okresach jego maksymalnej produkcji w komorach fermentacyjnych oraz stabilizacji przepływu i ciśnienia w sieci biogazu.

Każdy zbiornik posiada strukturę membranową i nawet jego całkowite opróżnienie i opadnięcie membrany magazynowej (wewnętrznej) na fundamencie nie będzie stanowiło zagrożenia dla zbiornika lub sieci, powodując jedynie nieznaczny spadek ciśnienia w sieci. Zbiornik jest zabezpieczony przed całkowitym opróżnieniem przez ciągły pomiar (laserowy) poziomu napełnienia. Jeżeli poziom ten spadnie poniżej zadanego poziomu, sygnał

sterujący spowoduje zatrzymanie pracy urządzeń podnoszących ciśnienie biogazu oraz zasilanych biogazem (agregaty, turbiny biogazowe, kotły wodne). Kiedy poziom napełnienia zbiornika osiągnie zadany poziom, sygnał sterujący umożliwi ponowne włączenie poszczególnych urządzeń.

Instalacja ciepła odpadowego ze STUO

W celu wykorzystania ciepła odpadowego pochodzącego ze spalania osadów w STUO, aktualnie wytracanego (rozpraszanego do atmosfery), został przygotowany układ odbioru ciepła odpadowego pozwalający na przekierowanie wody chłodzącej przed chłodnicami wentylatorowymi do płytowego wymiennika ciepła I stopnia typu glikol – woda o mocy 300 kW, który będzie zabudowany w węźle cieplnym instalacji ciepła odpadowego ze STUO, zlokalizowanym w kontenerze ustawionym na żelbetowym fundamencie w pobliżu chłodnic wentylatorowych.

Instalacja ta ma za zadanie przekierowanie ciepła do wymiennika II stopnia typu woda – glikol, który powstanie w nowym, kontenerowym węźle cieplnym obok istniejącej już stacji przyjęcia osadów z kanalizacji. Nowa instalacja cieplna ma zapewnić możliwość ogrzewania obiektu w okresach ujemnych temperatur dla zapewnienia bezawaryjnej pracy urządzeń technologicznych przez ogrzewanie strefowe za pomocą sześciu aparatów grzewczo-wentylacyjnych, każdy o mocy 50 kW.

W przypadku braku możliwości odzysku ciepła instalacja wężła cieplnego będzie mogła być zasilana awaryjnie z nowych agregatów kogeneracyjnych. Za pomocą układu zaworów odcinających i zaworu regulacyjnego będzie możliwość skierowania wody grzewczej z nowych agregatów kogeneracyjnych z pominięciem wymiennika I stopnia bezpośrednio do wymiennika II stopnia. Woda grzewcza pomiędzy węzłem a istniejącą stacją przyjęcia osadów z kanalizacji będzie przepływać nową instalacją zewnętrzną, wykonaną z rur preizolowanych.

Do budynku socjalnego z centralną dyspozytornią zostanie doprowadzona woda grzewcza do istniejącego zasobnika ciepłej wody użytkowej o pojemności ok. 800 dm³ (po dostosowaniu istniejących instalacji wody grzewczej oraz c.w.u.). Z ciepłej wody użytkowej z zasobnikiem o pojemności 500 dm³ będzie można też korzystać w budynku warsztatowym po wykonaniu nowej instalacji i dostosowaniu istniejących instalacji wody grzewczej oraz c.w.u.

W zakresie węzłów cieplnych wykonano już potrzebną infrastrukturę, w najbliższym czasie planowana jest zabudowa kontenerowych węzłów cieplnych wraz z niezbędnymi robotami elektrycznymi i akpia.

Podsumowanie

Realizowany projekt jest wielowątkowym podejściem do gospodarki energetycznej w oczyszczalni ścieków Płaszów. Optymalizuje wytwarzanie, magazynowanie i zagospodarowanie biogazu oraz produkcję energii elektrycznej i ciepła. Przyczynia się również do poprawy efektywności energetycznej krakowskiego systemu ciepłowniczego i ograniczenia niskiej emisji (tlenków azotu – NO_x). Dzięki realizacji projektu będzie możliwe lepsze wykorzystanie produkowanego biogazu oraz prowadzenie bardziej efektywnej gospodarki energetycznej, co pozwoli na optymalizację kosztów prowadzonej działalności.

www.wodociagi.krakow.pl



Czytaj więcej



WODOCIĄGI
Miasta Krakowa

Jesteśmy z Wami. Każdego dnia!



facebook.com/prostozkranu
facebook.com/Wodociagi.Miasta.Krakowa.Awarie



youtube.com/WodociagiMiastaKrakowa



instagram.com/wodociagi_miasta_krakowa/



linkedin.com/company/wodociagi-miasta-krakowa-s-a